

STUDI KASUS VARIASI PERUBAHAN TEKANAN VAKUM TERHADAP *PERFORMANCE* KONDENSOR PADA PLTU DI PT. ICA TAYAN KALIMANTAN BARAT

Gunarto^{1,a}, Riyanto¹, Doddy Irawan¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Pontianak

^aemail korespodensi : guncici75@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh yang di timbulkan akibat perubahan tekanan vakum kondensor pada PLTU PT.ICA Tayan, yang mana selanjutnya akan diketahui seberapa besar nilai tekanan vakum di dalam kondensor yang perlu dijaga nilai vakumnya sehingga didapatkan efisiensi kinerja kondensor yang baik dan mengetahui faktor apa saja yang dapat mempengaruhi perubahan tekanan vakum di dalam kondensor. Metode yang digunakan untuk mencari nilai efisiensi kinerja kondensor terhadap perubahan tekanan vakum adalah dengan metode perhitungan perpindahan panas NTU-effectiveness, sehingga didapatkan nilai *effectiveness* sebagai nilai efisiensi kinerja kondensor. Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai efektifitas tertinggi dihasilkan pada tekanan vakum -95 Kpa yaitu 89.05 %. Sedangkan efektifitas terkecil di hasilkan pada tekanan vakum -89 Kpa yaitu 80,330%. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa efektifitas kondensor sangat di pengaruhi oleh tekanan vakum di dalam kondensor itu sendiri yang mana semakin tinggi tekanan vakum di dalam kondensor maka semakin tinggi pula efektifitas yang dihasilkan.

Kata Kunci : *efektivitas, tekanan vakum, kondensor, laju perpindahan panas*

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect caused by changes in condenser vacuum pressure at the PLTU PT. ICA Tayan which in turn will be known how much the vacuum pressure value in the condenser needs to maintain the vacuum value so that good condenser performance efficiency and knowing anything that can affect changes in vacuum pressure inside the condenser. The method used to find the value of condenser performance efficiency on changes in vacuum pressure is the NTU-effectiveness heat transfer calculation method so that the effective value is obtained as a condenser performance efficiency value. From the calculations that have been done, the highest effectiveness value is obtained at a vacuum pressure of -95 Kpa, which is 89.05%. While the smallest effectiveness was produced at a vacuum pressure of -89 Kpa, which was 80.330%. So that it can be concluded that the effectiveness of the condenser is greatly influenced by the vacuum pressure inside the condenser it self where the higher the vacuum pressure in the condenser, the higher the effectiveness produced.

Keywords: *effectiveness, vacuum pressure, condenser, heat transfer rate*

PENDAHULUAN

Kondensor merupakan salah satu komponen utama pada sistem pltu yang apabila mengalami kerusakan atau masalah maka akan mengakibatkan menurunnya efisiensi pembangkit, hal ini tentu tidak diinginkan karena pltu yang selalu beroperasi setiap hari secara terus menerus.

Salah satu masalah yang terjadi di kondensor adalah terjadi pengotoran pada jalur *tube* air pendingin yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa air pendingin sehingga suplai air pendingin pada kondensor berkurang, hal ini akan mengakibatkan penurunan efektifitas dari kondensor. Perlu dilakukan perawatan pada kondensor yaitu membersihkan *tube* air pendingin agar tidak terjadi pengendapan yang dapat mengganggu laju aliran air pendingin pada kondensor. Salah satu komponen yang dikatakan

sebagai penyebab *losses* terbanyak pada suatu pembangkit adalah kondensor. Salah satu penyebab terjadinya *losses* diindikasikan dari perubahan tekanan vakum dalam kondensor yang menyebabkan tidak sempurnanya proses kondensasi. Dengan kurang efisiensinya uap yang tidak terkondensasi menyebabkan air pengisi boiler berkurang sehingga diperlukan tambahan pasokan air pengisi boiler (*demin water*) yang memiliki harga yang mahal dan pasokan bahan bakar lebih untuk kerja *furnace* sebagai pemanas ulang. Proses pada kondensor yang terjadi adalah proses perpindahan panas antara fluida pendingin yang dilewatkan dalam pipa (*tubes*) kemudian uap dari *low pressure turbine* (fluida yang didinginkan) melewati selongsong/diluar pipa. Panas dari uap bekas diteruskan ke massa fluida pendingin melalui media pemisah yaitu permukaan perpindahan panas yang dibuat dengan pipa-pipa dengan ketebalan yang tipis

dalam jumlah banyak untuk mencapai efektivitas terbaik penukar kalor. Apabila di dalam kondensor tidak memiliki sistem yang baik dalam mengkondensasikan uap bekas, maka akan menambah biaya produksi air pengisi boiler akibat uap yang terbuang sia – sia pada kondensor. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan membahas tentang efektivitas alat penukar kalor yang dilihat dari variasi perubahan tekanan vakum kondensor pada pltu pt. Ica , sehingga dapat diketahui besar nilai tekanan vakum di dalam kondensor yang perlu dijaga agar memiliki efektivitas kondensor yang baik.

DASAR TEORI

Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap keluaran turbin. Uap setelah memutar turbin langsung mengalir menuju kondensor untuk diubah menjadi air (dikondensasikan), hal ini terjadi karena uap bersentuhan langsung dengan pipa-pipa (tubes) yang didalamnya dialiri oleh air pendingin. Oleh karena kondensor merupakan salah satu komponen utama yang sangat penting, maka kemampuan kondensor dalam mengkondensasikan uap keluaran turbin harus benar-benar diperhatikan, sehingga perpindahan panas antara fluida pendingin dengan uap keluaran turbin dapat maksimal dan pengkondensasian terjadi dengan baik.

Agar uap dapat bergerak turun dengan lancar dari sudu terakhir turbin, maka vakum kondensor harus dijaga, karena dengan ada vakum pada kondensor akan membuat tekanan udara pada kondensor menjadi rendah. Dengan tekanan yang lebih rendah di kondensor, maka uap akan bisa bergerak dengan mudah menuju kondensor.

Prinsip kerja kondensor

Prinsip kerja kondensor adalah merubah uap sisa keluaran low pressure turbine menjadi air kembali, proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (*tubes*). pada tube-tube inilah air pendingin dari cooling tower dialirkan. Sedangkan uap mengalir dari atas menuju ke bawah agar mengalami kondensasi atau pengembunan. Sebelum masuk kedalam kondensor, air pendingin biasanya melewati debris filter yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran ataupun lumpur yang terbawa air sungai. Tahapan untuk menentukan perhitungan.

Pengolahan data tugas akhir ini merupakan pemasukan data kedalam metode perhitungan perpindahan panas secara cross flow. Dimana metode perhitungan data menggunakan metode perpindahan panas lmt (log mean temperature differensial) dan ntu-

effectiveness

Gambar 1. Struktur kondensor

Sumber: (<https://rakhman.net/power-plants-id>)

- Lmt (log mean temperature differensial) dua hubungan yang dapat dengan cepat ditentukan adalah dengan menggunakan keseimbangan energi total antara fluida panas dan fluida dingin.

$$ALMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \dots\dots\dots(1)$$

- Ntu-effectiveness (ϵ)
Effectiveness merupakan parameter yang menyatakan efisiensi kondensor dengan perpindahan panas yang mengalami perubahan fasa (yunus a.cengel), khususnya pada kondensor, dimana data ini diperoleh dari rumus perhitungan:

$$\epsilon = 1 - \exp^{-ntu} \dots\dots\dots(2)$$

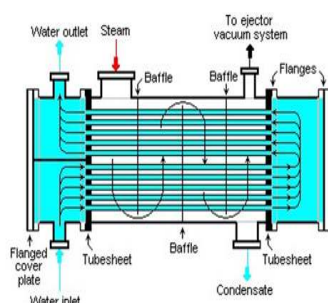
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Pembangkit PT. Indonesia Chemical Alumina yang berlokasi di Tayan Kabupaten Sanggau.. Adapun untuk proses awal penelitian dengan pendataan parameter-parameter yang dibutuhkan sebagai penunjang dalam perhitungan efisiensi kondensor, untuk mencari data-data yang dibutuhkan dapat dilakukan di control room maupun di lapangan tempat mesin beroperasi selama 3 (tiga) bulan. Setelah data diperoleh, maka peneliti melakukan analisa dan perhitungan.

Pengolahan data penelitian ini merupakan pemasukan data kedalam metode perhitungan perpindahan panas secara cross flow dengan aliran berlawanan (*counter flow*) yang telah didapat untuk mengetahui hasil perhitungan yang diinginkan. Dimana metode perhitungan data menggunakan metode perpindahan panas LMTD (*Log Mean Temperature Differensial*) dan NTU-Effectiveness. Dimana nilai effectiveness yang telah didapat nilainya, diasumsikan sebagai efisiensi kinerja kondensor. Dari metode perhitungan yang digunakan, maka akan didapatkan nilai laju aliran uap, laju perpindahan panas, koefisien perpindahan panas total, dan nilai NTU-Effectiveness.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan yang telah dilakukan, adalah membandingkan variasi tekanan vakum kondensor di bulan Maret, April dan Mei. Selanjutnya akan di bandingkan bulan satu dengan lainnya pengaruh yang di timbulkan dari adanya perubahan tekanan vakum tersebut, sehingga dapat dianalisis pengaruh perubahan tekanan vakum terhadap perpindahan panas dan effectiveness dari kondensor yang mewujudkan kinerja



kondensor tersebut. Dimana untuk data hasil perhitungan selanjutnya akan di tampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 2. Grafik Hubungan Efektivitas Dan Laju Perpindahan Panas Terhadap Tekanan Vakum Kondensor Pada Bulan Maret

Gambar 2 menyatakan hubungan tekanan vakum kondensor terhadap efektivitas dan laju perpindahan panas pada kondensor di bulan Maret. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin kecil vakum pada kondensor, maka semakin kecil pula efektivitas yang dihasilkan kondensor tersebut. Untuk efektivitas kondensor terbesar pada bulan Maret dihasilkan pada saat beban generator 6,650 MW dengan tekanan vakum -95 Kpa yaitu 89,05%. Sedangkan untuk efektivitas kondensor terkecil dihasilkan pada saat beban generator 8,470 MW dengan tekanan vakum -89,03 Kpa yaitu 80,35%.

Sesuai grafik di bulan Maret laju perpindahan panas pada kondensor dapat dilihat bahwa semakin kecil tekanan vakum kondensor, maka semakin besar nilai laju perpindahan panas yang terjadi pada kondensor dan berbanding terbalik terhadap nilai efektivitas kondensor yang dihasilkan, dimana ketika tekanan vakum kecil mengakibatkan efektivitas kondensor yang dihasilkan akan menurun. Nilai laju perpindahan panas terbesar dihasilkan pada tekanan vakum kondensor -89,03 Kpa yaitu sebesar 75,171 MW dan laju perpindahan panas terkecil terjadi pada tekanan vakum -95 Kpa yaitu sebesar 29,825 MW.

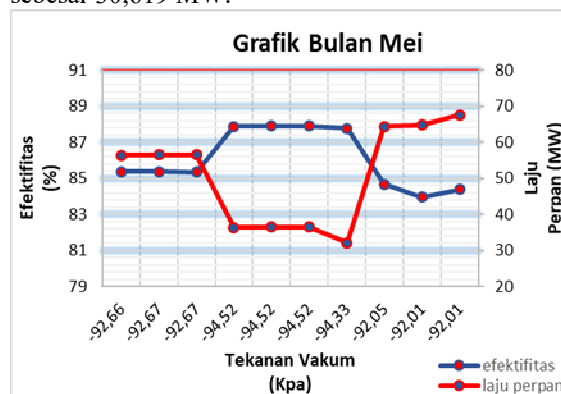
Nilai laju perpindahan panas yang besar mengindikasikan bahwa semakin besar kalor yang dibutuhkan dalam proses pengkondensasian uap hasil pembuangan ekstrasi turbin menjadi air. Seperti diketahui sistem di dalam kondensor harus mampu menghemat kalor sekecil mungkin agar uap dengan cepat terkondensasi menjadi air secara maksimal. Untuk nilai vakum -95 Kpa sendiri mampu menghasilkan laju perpindahan panas yang lebih kecil yaitu 29,825 MW, sehingga mampu menghemat kalor yang lebih besar 45,346 MW apabila dibandingkan dengan kondisi tekanan di dalam vakum mencapai -89,03 Kpa. Nilai yang dihasilkan dari perhitungan ini mengindikasikan tekanan kondensor harus dijaga tingkat kevakumannya sehingga efisiensi kinerja kondensor akan meningkat.



Gambar 3. Grafik Hubungan Efektivitas Dan Laju Perpindahan Panas Terhadap Tekanan Vakum Kondensor Pada Bulan April

Gambar 3 menyatakan hubungan tekanan vakum kondensor terhadap efektivitas dan laju perpindahan panas pada kondensor di bulan April. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin kecil vakum pada kondensor, maka semakin kecil pula efektivitas yang dihasilkan kondensor. Efektivitas kondensor terbesar pada bulan April dihasilkan pada saat beban generator 7,120 MW dengan tekanan vakum kondensor -94,28 Kpa yaitu 88,69 %. Sedangkan untuk efektivitas kondensor terkecil dihasilkan pada saat beban generator 8,540 MW dengan tekanan vakum -89,00 Kpa yaitu 80,330%.

Untuk nilai laju perpindahan panas terbesar dihasilkan pada tekanan vakum kondensor -89,00 Kpa yaitu sebesar 75,195 MW. Dan laju perpindahan panas terkecil terjadi pada tekanan vakum -94,28 Kpa yaitu sebesar 30,619 MW.

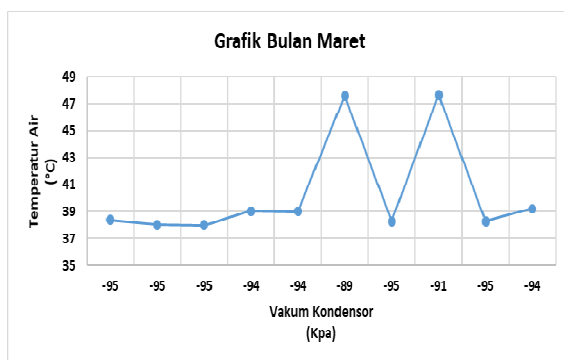


Gambar 4. Grafik Hubungan Efektivitas Dan Laju Perpindahan Panas Terhadap Tekanan Vakum Kondensor Pada Bulan Mei.

Sedangkan gambar 4 menyatakan hubungan tekanan vakum kondensor terhadap efektivitas dan laju perpindahan panas pada kondensor di bulan Mei, dimana semakin kecil tekanan vakum pada kondensor, maka semakin kecil pula efektivitas yang dihasilkan kondensor tersebut. Untuk efektivitas kondensor terbesar pada bulan Mei dihasilkan pada saat beban generator 6,870 MW dengan tekanan vakum -94,52 Kpa yaitu 87,911 %. Nilai efektivitas kondensor terkecil dihasilkan pada saat beban generator 8,010 MW dengan tekanan vakum -92,01 Kpa yaitu 84,393%.

Sementara untuk laju perpindahan panas yang terjadi pada kondensor, dimana semakin besar tekanan

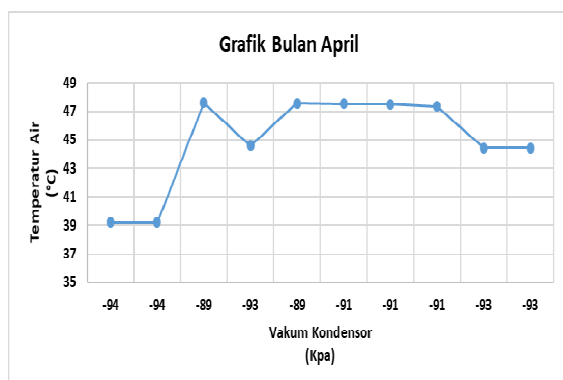
di dalam kondensor atau semakin kecil tekanan vakum kondensor, maka semakin besar nilai laju perpindahan panas yang terjadi pada kondensor. Hal ini berbanding terbalik terhadap nilai efektivitas kondensor yang dihasilkan, dimana vakum kecil mengakibatkan efektivitas kondensor yang dihasilkan akan menurun. Untuk nilai laju perpindahan panas terbesar dihasilkan pada tekanan vakum kondensor -92,01 Kpa yaitu sebesar 67,601 MW. Dan laju perpindahan panas terkecil terjadi pada tekanan vakum -94,52 Kpa yaitu sebesar 36,381 MW.



Gambar 5. Grafik Hubungan Temperatur Air Pendingin Terhadap Tekanan Vakum Kondensor Bulan Maret.

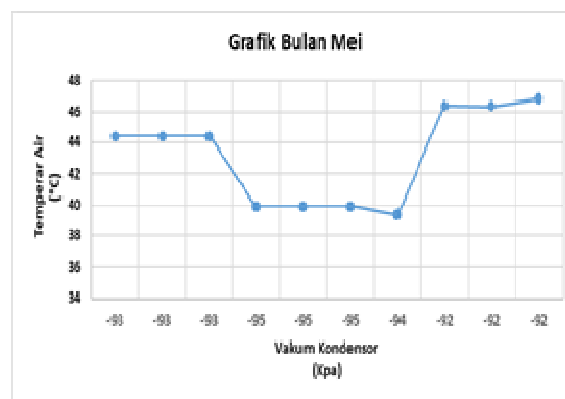
Gambar 5 di atas menyatakan hubungan temperatur air pendingin terhadap tekanan vakum pada bulan Maret, dimana nilai temperatur air pendingin yang semakin tinggi mengakibatkan nilai tekanan vakum di dalam kondensor semakin rendah yang dapat menurunkan efisiensi kinerja kondensor itu sendiri. Tekanan vakum tertinggi dihasilkan pada temperatur air pendingin 38,00 °C yaitu -95 Kpa, tekanan vakum terendah dihasilkan pada temperatur air pendingin 47,58 °C yaitu -89,03 Kpa.

Nilai tekanan vakum sangat dipengaruhi oleh temperatur air pendingin yang masuk ke dalam kondensor. Temperatur air pendingin yang diharapkan sendiri harus serendah mungkin, hal ini yang akan mempengaruhi tekanan vakum di dalam kondensor yang akan jenuh apabila temperatur air pendingin rendah. Namun temperatur air pendingin yang di peroleh dari air sungai Kapuas sendiri tidak bisa dipertahankan nilai temperatur yang rendah sehingga keadaan ini tergantung musim lingkungan yang terjadi pada waktu itu sehingga temperatur air pendingin sangat berpengaruh terhadap efisiensi kinerja kondensor yang dihasilkan berhubungan dengan tekanan vakum yang terjadi.



Gambar 6. Grafik Hubungan Temperatur Air Pendingin Terhadap Tekanan Vakum Kondensor Bulan April.

Gambar 6 merupakan hubungan temperatur air pendingin terhadap tekanan vakum pada bulan April, dimana nilai temperatur air pendingin yang semakin tinggi mengakibatkan nilai tekanan vakum di dalam kondensor semakin rendah yang dapat menurunkan efisiensi kinerja kondensor itu sendiri. Tekanan vakum tertinggi dihasilkan pada temperatur air pendingin 39,22 °C yaitu -94 Kpa, tekanan vakum terendah dihasilkan pada temperatur air pendingin 47,56 °C yaitu -89,02 Kpa.



Gambar 7. Grafik Hubungan Temperatur Air Pendingin Terhadap Tekanan Vakum Kondensor Bulan Mei.

Gambar 7 menyatakan hubungan temperatur air pendingin terhadap tekanan vakum pada bulan Mei, dimana nilai temperatur air pendingin yang semakin tinggi mengakibatkan nilai tekanan vakum di dalam kondensor semakin rendah yang dapat menurunkan efisiensi kinerja kondensor itu sendiri. Tekanan vakum tertinggi dihasilkan pada temperatur air pendingin 39,37 °C yaitu -94,33 Kpa, tekanan vakum terendah dihasilkan pada temperatur air pendingin 46,85 °C yaitu -92,00 Kpa.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Kinerja terbaik kondensor PLTU PT.ICA dihasilkan pada beban 6,65 MW dengan tekanan vakum -95Kpa yaitu 89,05 %. Sedangkan untuk efektivitas kondensor terendah dihasilkan pada beban 8,540 MW dengan tekanan vakum -89 Kpa yaitu 80,330%.
2. Kondensor akan bekerja dengan optimal pada range tekanan vakum dari -90 sampai dengan -95 Kpa, dimana pada tekanan tersebut kondensor dapat bekerja dengan optimal dan menghasilkan air kondensat yang cukup untuk kebutuhan boiler.
3. Semakin tinggi beban yang dihasilkan generator maka akan menyebabkan nilai kevakuman di dalam kondensor menurun hal ini dipengaruhi oleh jumlah uap yang akan di kondensasikan oleh kondensor karena semakin tinggi beban generator semakin besar pula kapasitas uap yang masuk ke dalam kondensor.

4. Efektivitas terbaik dari kondensor akan dihasilkan apabila tekanan vakum di dalam kondensor semakin tinggi, Namun berbeda dengan nilai laju perpindahan panas yang semakin kecil nilainya apabila tekanan vakum kondensor semakin besar.
5. Faktor yang mengakibatkan turunnya nilai vakum di dalam kondensor diantaranya kebersihan jalur pipa air pendingin, laju aliran uap, temperatur air pendingin, adanya gas-gas yang tidak terkondensasi maupu dan kebocoran pipa-pipa air pendingin tekanan vakum pada kondensor.

REFERENSI

- [1] Apollo, Musrady Mulyadi, 2014, Pengaruh Kevakuman Terhadap Efektivitas Kondensor PLTU Barru Unit 1, Jurnal Sinergi No.2, Universitas Mercu Buana
- [2] Cengel, Yunus A., 2006., Heat and Mass Transfer. A Practical Approach, 2nd, New York Mc.Graw-Hill
- [3] Fatkhurrahman, Maulana. 2012, Analisis Kinerja Kondensor Terhadap Perubahan Tekanan Vakum Studi kasus : sektor pembangkitan PLTGU Cilegon . Teknik Mesin Politeknik negeri Semarang.
- [4] Kreith, Frank, 1991, Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, Arko Prijono. Jakarta, Erlangga.
- [5] Hasimi, Ali., 2014, Alat Penukar Kalor, ALP Consultan, Medan
- [6] Holman, J.P. 1994, Perpindahan Kalor, E. Jasjfi. Jakarta, Penerbit : Erlangga.
- [7] Perusahaan Umum Listrik Negara Pusat Pendidikan Dan Latihan Jakarta, 1989, Modul I Kondensor Dan Sistem Air Pendingin
- [8] PT. Indonesia Chemical Alumina, 2011, Boiler Turbin Generator Plant (12x2 MW) Design Manual. Qingdao Jieneng Steam Turbine Group CO., LTD.
- [9] Rosyadi, Imron, 2016, Pengaruh Penurunan Vacuum Pada Saat Backwash Kondensor Terhadap Heat Rate Turbin Di PLTU, Jurnal Flywheel, Universitas Ageng Tirtayasa
- [10] Sugiono, Bambang AP. 1995, Dasar-dasar Termodinamika Teknik dan Perpindahan Panas, Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik Bandung
- [11] Syaifullah, A.H., 2014, Sistem kerja kondensor Pada PLTU, Laporan Praktik kerja lapangan, Universitas Negeri Semarang.